

南九州の地震活動の予察

西 潔・井口 正人

PRELIMINARY REPORT ON THE SEISMICITY IN SOUTH KYUSHU

By *Kiyoshi* NISHI and *Masato* IGUCHI

Synopsis

Studying on the seismicity around Sakurajima volcano, following preliminary results are obtained.

- (1) By the projection of focus on the vertical section perpendicular to the volcanic front, clear W-B zone can be perceived. This W-B zone is characterized by the sharp change of inclination at the depth of 70km 80km. The inclination of Shallower zone is 40~50 degrees whereas about 70 degrees in deeper zone. The thickness of deeper zone is nearly 20km.
- (2) The depth of seismic surface directly beneath the volcanic front is 100km. Excluding the shallow earthquakes whose focal depth are less than 20km, no earthquake is observed in the zone between the volcanic front and the seismic surface.
- (3) Comparing to other island arcs, seismic activity in South Kyushu is low in the depth of 80km~120 km whereas high in 140km~160km.
- (4) Preceding to the increasement in number of explosion at Sakurajima volcano, high seismic activity in the depth more than 80km was observed.

1. はじめに

桜島では「広域火山観測網」の設置を1976年より開始した。これは桜島をとりかこむ南九州の地震活動と桜島火山およびその他の火山の活動との関係を明らかにするためのものである。桜島々内に発生する火山性地震については震源分布、発震機構の解明がなされて来た¹⁾。しかし桜島周辺に発生する地震および桜島の直下を含めて更に深い地震に対しては、島内の観測点のみでは不十分なことは明らかである。このため観測点を更に広範囲に配置し、これによって得られるデータから地震の発生と火山活動との関係の解明を行う。これらのデータはまた、火山体やカルデラを通過して来た地震波の伝ばん速度や減衰の異常を検出し火山噴火予知に必要な火山体の構造に関する知識を得ることに役立つ。

上述の観測点は完成時には8観測点となるが、1982年4月には4観測点の設置が終った。これにより独自に震源決定が行えるようになり桜島周辺の地震活動が解明され始めた。島弧に於ける火山の配列と深さ100km~150kmの稍深発地震の分布が一致することから両者はマグマ発生に関連して密接な関係があると考えられている。従って震源決定を行い稍深発地震帯の形状や地震活動を知ることは火山噴火現象の解明と予知を行うために必要である。観測点の設置に伴い深さが100km~150kmの深い地震に対して震源決定能力を持つに至り桜島直下の稍深発地震帯の形状や活動度についての知識が得られつつある。今回は震源決定方法について述べると共にこれ迄にわかった稍深発地震の形状と活動度、桜島火山の火山活動との関係について述べる。

2. 観測方法

観測網を Fig.1 に示す。観測点は3つのカルデラ、即ち加久藤、始良および阿多の各カルデラに設置することになるが現在は加久藤と始良カルデラに合計4点設置されている。

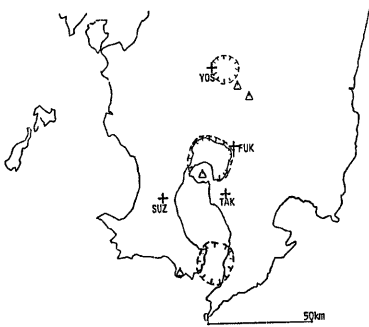


Fig. 1 Location map of seismic observation networks.
 + : seismic station
 △ : active volcano
 □ : crater rim

観測点と観測所本館は専用回線によって結ばれていてデータは PCM 方式によって搬送されている。観測所本館では煤書きレコーダおよびペンレコーダによるモニター記録の外にトリガー方式によってアナログ・データレコーダ又は電算機用の MT に地震波形データと刻時信号を収録する。

Table 1 P wave velocity structure.

Layer	V _p (km/s)	Thickness (km)
1	3.9	1.5
2	4.9	3.7
3	5.9	16.8
4	7.0	16.8
5	7.9	—

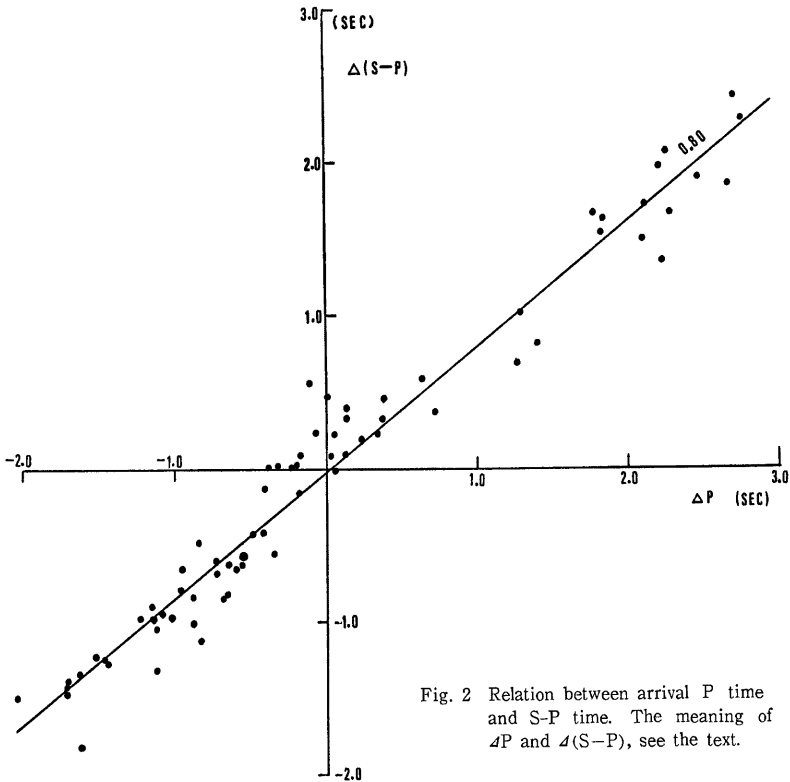


Fig. 2 Relation between arrival P time and S-P time. The meaning of ΔP and $\Delta(S-P)$, see the text.

3. 地震活動

3.1 震源決定

震源決定は S-P time から origin time を求め次いで震源の位置を逐次近似で求める方法によった²⁾。P 波速度構造は地質調査所の爆破観測による結果³⁾を参考にして水平 5 層構造とした。Table 1 に速度と層厚を示した。

origin time t_0 は

$$t_0 = t_p - (t_s - t_p) / (V_p / V_s - 1)$$

から求める。ここで t_p , t_s は P 波, S 波の arrival time, V_p , V_s は P 波と S 波の速度をあらわす。この方法は S 波の arrival time を正確に読み取る必要があるため graphic display 装置に 3 成分の波形を表示させ phase の対応を吟味して読み取った。

又, $V_p / V_s - 1$ の値は個々の地震について, $(t_s - t_p)$ 対 t_p の値をプロットして求めるが, 点がばらつく場合は次に述べる方法によって S-P time に対応する $V_p / V_s - 1$ の平均的な値を求めておいてその値を用いた。即ち, $V_p / V_s - 1$ の平均的な値を求めるためにはそれぞれの地震について t_p , $(t_s - t_p)$ の平均値が一致

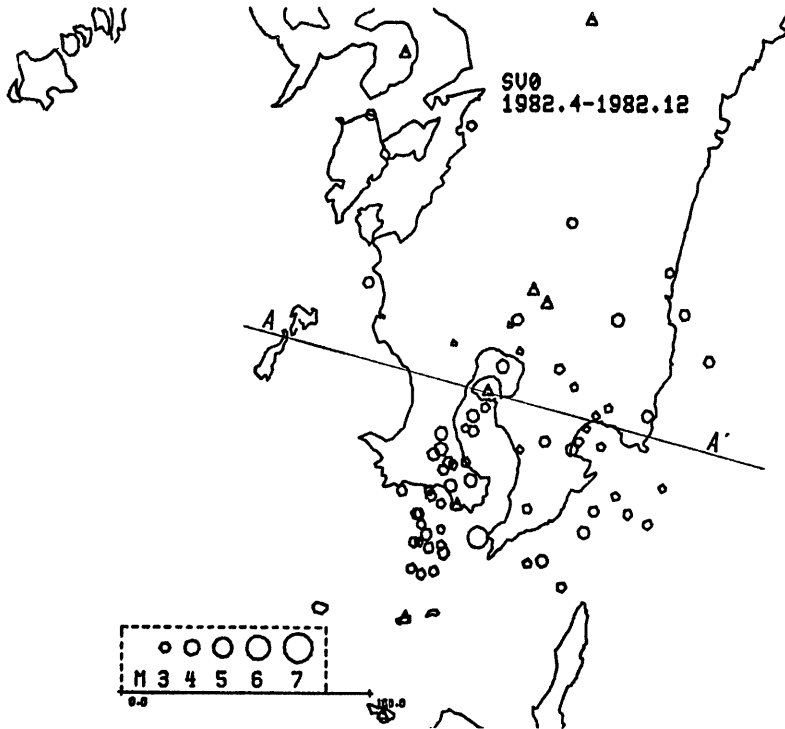


Fig. 3 Epicentral distribution of earthquakes during Apr. 1982 through Dec. 1982. Line A-A' indicates the location of vertical section (Fig. 4) which is perpendicular to the volcanic front.

するように平行移動して重ね合わせを行い最小2乗法により勾配を決定する。つまり、観測点の数を n (現在 $n=4$) として、ある地震に対して i 番目の観測点の P 波, S 波の arrival time を t_{pi} , t_{si} とすると

$$4P = t_{pi} - \sum t_{pi} / n$$

$$4(S-P) = (t_{si} - t_{pi}) - \sum (t_{si} - t_{pi}) / n$$

を求め $4P$ 対 $4(S-P)$ の値をプロットして勾配を求める。

$S-P$ time > 10 sec. の場合を Fig. 2 に示した。

3.2 震源分布

1982年4月から1982年12月迄の9ヶ月間の震源の震央分布を Fig. 3 に又、volcanic front に直交する鉛直断面への投影を Fig. 4 に示す。図中に示したマグニチュードは観測点 TAK における震動継続時間 $F-P$ time から求めた値である。

観測点の分布を考慮して、震源決定は $S-P$ time が約15秒以下の地震に限定した。従って日向灘に発生する地震は大部分が対象外となっている。

Fig. 3 および Fig. 4 より桜島をとり囲む南九州の地震活動の特徴として次の点が指摘できる。

(1) 九州—琉球弧に関するこれ迄の研究^{4),5)} で報告されているように海溝側から島弧へ向けて傾斜する地震帯が顕著に認められる。地震帯の傾斜は深さ 70km~80km 附近で30~40度から約70度に変化している。深い地震帯の厚さは 20km 程度である。

(2) volcanic front 直下の地震面の深さは 100km である。傾斜が大きい(約70度)ことと、180km 以深の地震活動がないため 100km 以深の稍深発地震はほとんど volcanic front 下に集中していると見てよい。

(3) 深さ 20km までに見られる地震を除くと地表の火山から稍深発地震面に至る領域に発生する地震は観測されていない。

3.3 深さ別の地震活動

$S-P$ time 15秒以下の地震の深さ別頻度分布を Fig. 5 に示す。 $S-P$ time が10秒~15秒で且つ浅い地震

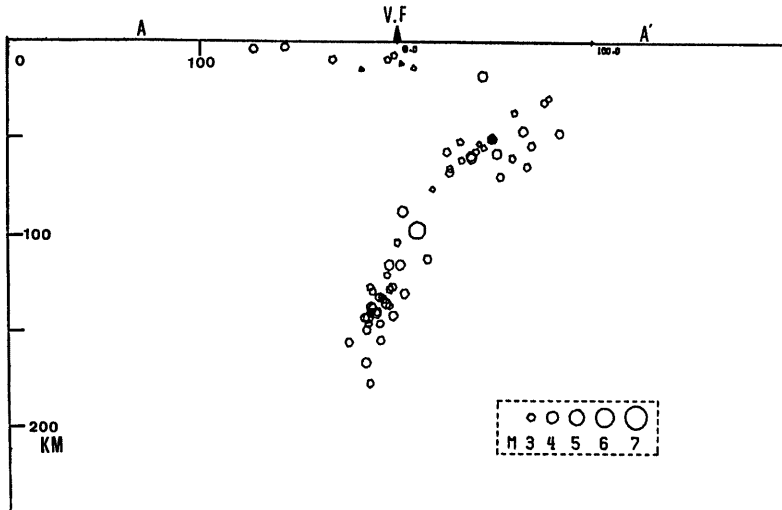


Fig. 4 Vertical section perpendicular to the volcanic front.

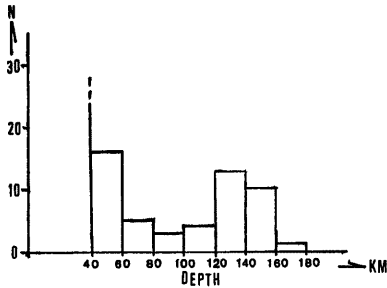


Fig. 5 Distribution of focal depth during Apr. 1982. through Dec. 1982

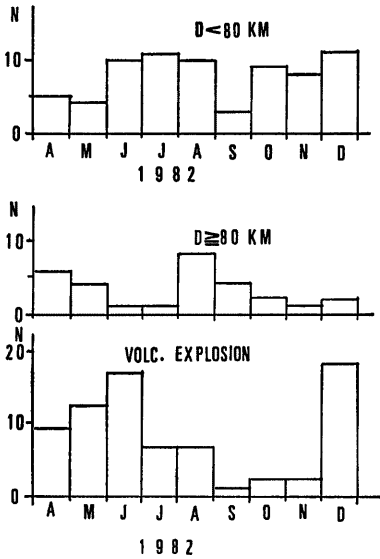


Fig. 7 Relation between monthly seismic activity and volcanic activity of Sakurajima volcano.

Upper: monthly number of earthquakes whose focal depths are less than 80km.

Middle: monthly number of earthquakes whose focal depths are greater than or equal to 80km.

Lower: monthly number of volcanic explosions of Sakurajima volcano.

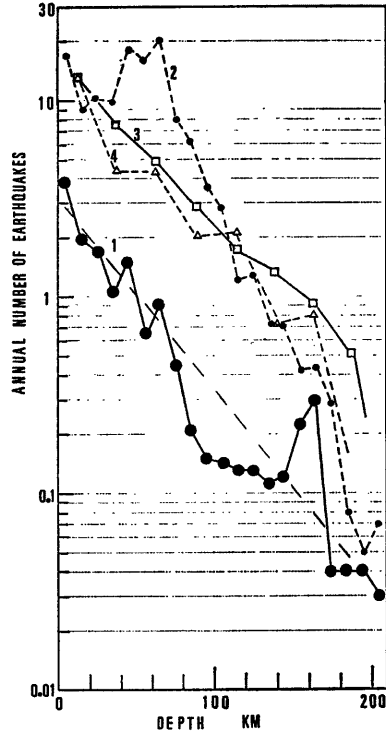


Fig. 6 Mean annual number of earthquakes as function of depth for island arcs.

- 1: South Kyushu in Japan
- 2: Tohoku district in Japan
- 3: Caribbean (Sykes, 1966)
- 4: Alaska (Sykes, 1966)

Since the lower limit of detectability are not the same in each area, only the relative shapes should be compared.

Note the difference from the exponential decay in case of South Kyushu, Japan.

は現在の観測網では震源決定ができない場合もあるので 40km 以浅の地震の数は図中には示していない。統計の期間が短いことを考慮しなければならないにしても 120km~160km の深さにおける地震活動が高いことがわかる。この点を確認するために JMA の 97年間 (1885年~1981年) のデータを用いて深さ別頻度分布を調べた。又、他の地域と比較するために同じデータに基づいて東北地方についても調べた。結果を Fig. 6 に示す。Fig. 6 には比較のために Cariblean と Alaska に於ける深さ別頻度分布⁶⁾ も合わせて示した。

Isacks et al.⁷⁾ は島弧に発生する地震の深さ別頻度分布は深さ 200km 迄は $\exp(-Z/100)$ に従って減衰するとしている。Fig. 6 に示した深さ別頻度分布は南九州を除いてたしかに指数分布と見ることができ。南九州の場合は Fig. 5 に示した分布と同じ傾向を示し 140km~160km の間の発生頻度が高い。又、80km~120km の間は逆に発生頻度が低い。南九州も他の島弧と同様に指数分布に従って地震数が減衰するとした場合 (これを Fig. 6 において折れ線 1 の近くの点線で示した) と比較すると 80km~120km と 140km~170km に於ける地震の発生頻度はそれぞれ 1/2 と 4 倍である。

3.4 地震活動と火山活動との関係

桜島周辺の地震活動と桜島火山の火山活動の関係を見るために月別の地震発生回数と爆発の発生回数 を Fig. 7 に示した。地震の発生回数は Fig. 4 に示した分布と Fig. 5 の深さ別頻度分布を参考にして深さ 80 km で区切って見た。Fig. 7 からわかるように 80km 以浅の地震活動と火山活動の消長は傾向が似ている。深さが 80km 以深の地震に関しては 1982年 8月の地震活動の peak が 1982年12月から始まった桜島の火山活動の活発化 (1983年 1月, 2月にそれぞれ43回, 74回の爆発が発生した) に先行しているように見える。同様な例が今後も発生するかどうか注目する必要がある。

4. ま と め

南九州に設置しつつある地震観測点のうち既設の 4 点の観測データを用いて 1982. 4~1982. 12月の 9ヶ月間の震源を決定した。観測点の分布を考慮して対象にした地震の震央距離を約 150km 以内に限定した。

(1) 震源を volcanic front に直交する鉛直断面に投影すると島弧に向って傾斜する地震帯が顕著に認められるが、深度 70km~80km 付近で傾斜角は 40~50度から約 70度に変化している。深い方の地震帯の厚さは 20km 程度である。

(2) volcanic front 直下の地震面の深さは 100km である。この地震面と地表の火山との間は地表から 20 km 迄の範囲を除いて地震は観測されない。

(3) 地震の深さ別頻度分布によれば、80km~120km の地震活動は他の島弧の場合より低く又 140~160 km の地震活動が活発である。

(4) 地震活動と火山活動の関係は 80km 以浅と 80km 以深の地震に分けると浅い方の地震活動と火山活動の消長の傾向が似ている。又、深い地震の活動の peak が火山活動の活発化に先行する例もみられる。

最後に多くの貴重な御助言をいただき又原稿について御教示をいただいた加茂幸介教授にお礼申し上げます。

気象庁地震予知情報課には震源要素の磁気テープファイルのコピーを許可していただいた。記してお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 西 潔: 桜島火山に発生するやや深い地震の発震機構, 京大防災研年報, 第21号B-1, 1978, pp. 145-152.
- 2) James, E. J., I. S. Sacks, E. Lago L. and P. A. paricio G.: On Locating Local Earthquakes Using Small Networks, B. S. S. A., 59, 1969. pp. 1201-1212.

- 3) Ono, K, K. Ito, I. Hasegawa, K. Ichikawa, S. Iizuka, T. Kakuta and H. Suzuki: Explosion Seismic Studies in South Kyushu Especially Around the Sakurajima Volcano, J. P. E., **26**, suppl., 1978. s309-s319
- 4) Katsumata, M. and L. R. Sykes: Seismicity and Tectonics of the Western Pacific: Izu-Mariana-Caroline and Ryukyu-Taiwan Regions, J. G. R., **74**, 1969. pp. 5923-5948.
- 5) Shiono, K, T. Mikumo and Y. Ishikawa: Tectonics of the Kyushu-Ryukyu Arc as Evidenced from Seismicity and Focal Mechanism of Shallow to Intermediate-depth Earthquakes, J. P. E., **28**, 1980. pp. 17-43.
- 6) Sykes, L. R.: The Seismicity and Deep Structure of Island Arcs, J. G. R. **71**, 1966. pp. 2981-3006.
- 7) Isacks, B., J. Oliver, and L. R. Sykes: Seismicity and the New Global Tectonics, J. G. R. **73**, 1968. pp. 5855-5899.